

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# **MODERNÍ METODY TECHNOLOGIE VYVRTÁVÁNÍ**

**MODERN METHODS IN BORING TECHNOLOGY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**MARTIN ŠTÁBL**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. OSKAR ZEMČÍK, CSc.**

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2008/2009

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Martin Štábl

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

**Moderní metody technologie vyvrtávání.**

v anglickém jazyce:

**Modern methods in boring technology.**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Rešerše literatury k danému tématu.
2. Používaná výrobní zařízení.
3. Používané moderní nástroje.
4. Řezné podmínky, kapaliny.
5. Porovnání s ostatními metodami dokončování otvorů.
6. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Přehled metod, vyvrtávacích strojů, nástrojů. Vzájemné porovnání.

Seznam odborné literatury:

1. ZEMČÍK, O. Technologická příprava výroby. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
2. ZEMČÍK, O. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6
3. KÖNIG, W. Fertigungsverfahren band 1, 2, 3, 4, 5, 6. 4. Aufl. Düsseldorf: VDI – Verlag GmbH, 1999. 416 s. ISBN 3-18-401054-6
4. Firemní podklady dle dalšího zpřesnění a určení ( Sandvik Coromant, Gühring, Fette, Pramet, Mitsubishi, Iscar, Seco, apod.)
5. HÜGEL, H. Strahlwerkzeug Laser. Einführung. Stuttgart: B. G. Taubner, 1992. 357 s. ISBN 3-519-06134-1
6. REICHARD, A. Fertigungstechnik 1, 2. 10. Aufl. Hamburg: Handwerk und technik, 1993. 420 s. ISBN 3-582-02311-7

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Oskar Zemčík, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 10.11.2008

L.S.

---

doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty



**ABSTRAKT**

Cílem této práce je vytvořit přehled vyvrtávacích strojů, nástrojů a jejich vzájemné porovnání. Vyvrtávání je produktivní metoda obrábění, která při použití moderních modulárních nástrojových stavebnic ve spojení s výkonnými řeznými destičkami dosahuje vysoké produktivity obrábění a vysoké přesnosti obrobených ploch, srovnatelných s dokončovacími metodami obrábění. Tyto moderní nástroje vyžadují také výkonné obráběcí stroje a příslušenství.

**Klíčová slova**

vyvrtávání, přehled metod, vyvrtávacích strojů, nástrojů

**ABSTRACT**

The aim of this work is to create an overview of boring machines, tools and their mutual comparison. Boring work is a productive method of machining, which in the use of modern modular tool kits in conjunction with powerful cutting plates achieves high productivity and high accuracy machined areas, comparable with the finishing machining methods. These advanced instruments also require powerful machine tools and accessories.

**Key words**

boring work, overview method, boring machines, tools.

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

ŠTÁBL, M. Moderní metody technologie vyvrtávání. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 35 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Oskar Zemčík, CSc.

### Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Moderní metody technologie vyvrtávání vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 23.5.2009



.....  
Martin Štábl

## **Poděkování**

Děkuji tímto panu Ing. Oskaru Zemčíkovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

**OBSAH**

|  |    |
|--|----|
| Abstrakt .....   | 4  |
| Prohlášení.....  | 5  |
| Poděkování .....   | 6  |
| Obsah .....  | 7  |
| Úvod .....   | 9  |
| 1. Vytvářecí nástroje .....                                    | 11 |
| 1.1 Vytvářecí tyče a vytvářecí hlav.....                       | 11 |
| 1.2 Modulární nástrojové systémy.....                          | 13 |
| 1.2.1 Nástrojový stavebnicový systém MBM.....                  | 13 |
| 1.2.2 CKB/CKS vysoce výkonný modulární nástrojový systém.....  | 15 |
| 1.3 Vytvářecí nástroje s bezkontaktním nastavováním břitů..... | 16 |
| 1.3.1 Smartbore.....   | 16 |
| 1.3.2 ActiveEdge.....  | 17 |
| 1.3.3 Mechatronický nástrojový systém Kom Tronic.....          | 18 |
| 1.4 CNC Vytvářecí hlavy.....                                   | 18 |
| 1.4.1 Digibore.....  | 18 |
| 1.4.2 Plánovací hlavy TA-Center pro obráběcí centra.....       | 19 |
| 1.4.3 Vytvářecí hlavy NGV .....                                | 20 |
| 1.4.4 Vytvářecí a uhlové hlavy Dinox od firmy Dine.....        | 21 |
| 2. Vytvářecí stroje.....                                       | 22 |
| 2.1 Stolové vytvářačky.....                                    | 22 |
| 2.1 Deskové vytvářačky.....                                    | 22 |
| 2.3 Jemné vytvářačky.....                                      | 23 |
| 2.4 Souřadnicové vytvářačky.....                               | 23 |
| 2.5 Portálový CNC vytvářecí a frézovací stroj.....             | 24 |
| 3. Řezné podmínky a kapaliny.....                              | 24 |
| 3.1 Běžné vytvářecí tyče.....                                  | 24 |
| 3.2 Vytvářecí tyče dokončovací.....                            | 25 |
| 3.3 Vytvářecí tyče hrubovací.....                              | 26 |
| 3.4 Řezné kapaliny.....  | 26 |
| 3.4.1 Druhy řezných kapalin.....                               | 27 |
| 3.4.2 Přívod řezné kapaliny do místa řezu.....                 | 27 |



|  |    |
|--|----|
| 4. Dosahované parametry při vyvrtávání v porovnání<br>s dokončovacími metodami obrábění..... | 29 |
| 4.1 Dokončovací operace obrábění.....  | 30 |
| Závěr .....  | 33 |
| Seznam použitých zdrojů.....   | 34 |
| Seznam použitých zkratek a symbolů.....  | 35 |

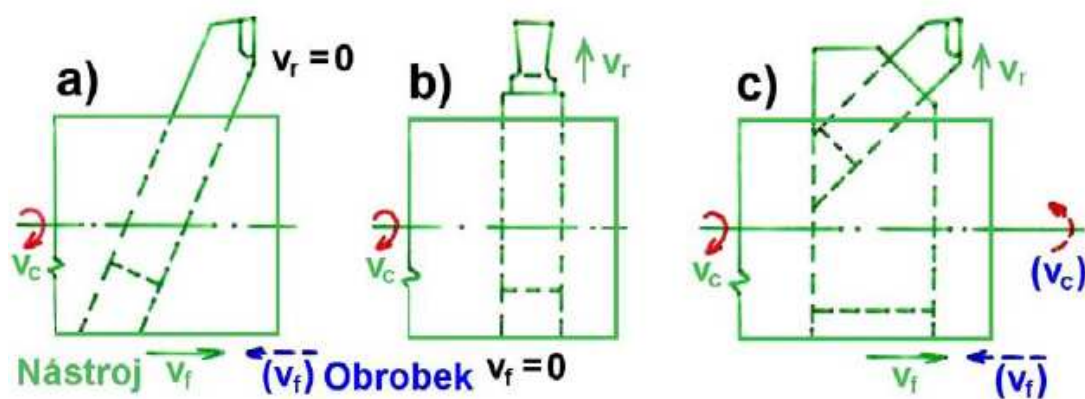
## UVOD

Vyvrtávání je metoda třískového obrábění, při níž se rozšiřují předlité, předkované, předlisované, předvrtané nebo jinými způsoby předpracované díry na požadovaný rozměr nebo tvar. Tato metoda se používá jak pro hrubování, tak pro práci na čisto. Při vyvrtávání se obrábí vyvrtávacími noži upevněnými ve vyvrtávacích tyčích nebo hlavách. Moderní modulární nástrojové stavebnicové systémy umožňují sestavovat nástroje podle potřeby, a tak dosáhnout vysoké produktivity bez potřeby většího množství nástrojových držáků. Přednosti modulárních nástrojových systémů ve spojení s výkonnými moderními obráběcími stroji lze využít nejen při hrubovacím a dokončovacím vyvrtávání, ale i při frézování a tvorbě otvorů a zahloubení do plného materiálu. Cílem této práce je seznámit čtenáře s problematikou vyvrtávání, vyvrtávacích nástrojů, strojů. Vzájemné porovnání.

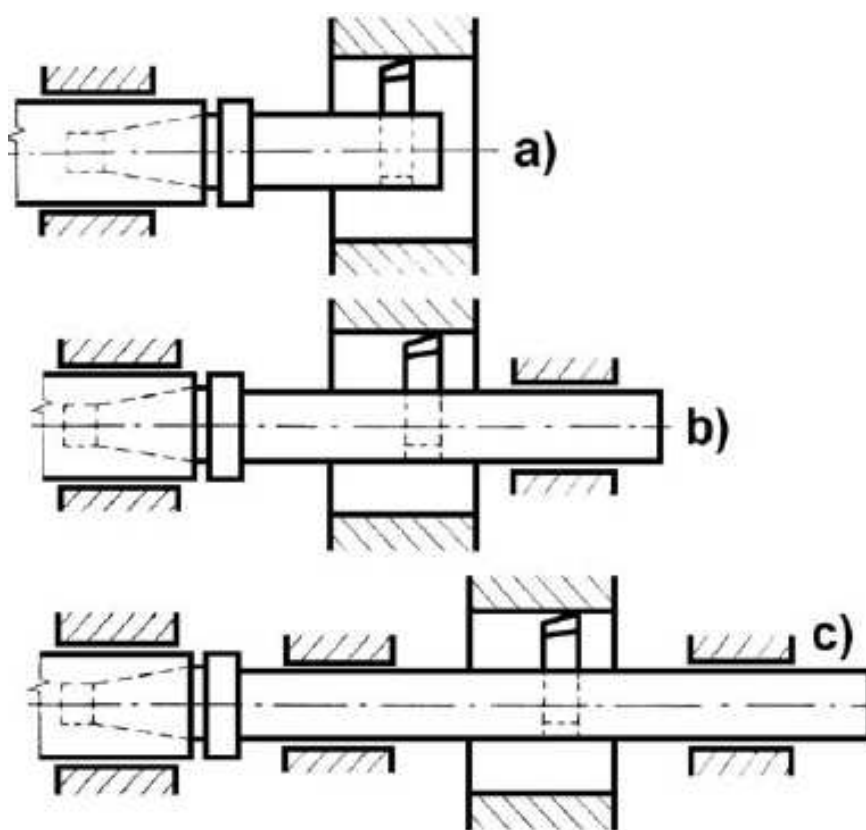
Vyvrtáváním obráběné rotační plochy mají geometrický tvar válce, kužele, čelního mezikruží nebo rotační tvarové plochy. Vyvrtáváním lze též obrábět vnitřní zápichy a řezat vnitřní závit. U složitějších obrobků mohou být všechny uvedené tvarové prvky kombinovány v různém uspořádání na jedné nebo více osách rozložených v rovině nebo prostoru. Vyvrtávací stroje navíc v případě potřeby umožňují obrábět jmenované povrchy a plochy i ve vnějším provedení.

Kinematika vyvrtávání může být realizována na základě některého ze tří základních způsobů (obr):

- a) Nástroj vykonává řezný pohyb  $\mathbf{v}_c$ , vyvrtávací nůž je pevně uložen v nástroji a nástroj (nebo obrobek) koná podélný posunový pohyb  $\mathbf{v}_f$ . Radiální posunový pohyb  $\mathbf{v}_r$  je roven nule, nůž je vůči obrobku nastaven na konstantní hodnotu šířky záběru ostří  $a_p$ . Při této kinematice lze obrábět válcové plochy.
- b) Nástroj vykonává řezný pohyb  $\mathbf{v}_c$ , vyvrtávací nůž se vysouvá z nástroje v radiálním směru plynule (rychlostí  $\mathbf{v}_r$ ) nebo po přítržích (obvykle za jednu otáčku), podélný posunový pohyb  $\mathbf{v}_f$  je roven nule. Při této kinematice jsou obráběny zápichy.
- c) Nástroj nebo obrobek vykonávají hlavní pohyb  $\mathbf{v}_c$  i podélný posunový pohyb  $\mathbf{v}_f$ , přičemž se nůž z nástroje plynule (rychlostí  $\mathbf{v}_r$ ) nebo po přítržích vysouvá současně v radiálním směru. Při této kinematice jsou obráběny tvarové rotační plochy.



Obr.Kinematika vyvrtávání



Obr.Upnutí vyvrtávacích tyčí

# 1 VYVRTÁVACÍ NÁSTROJE

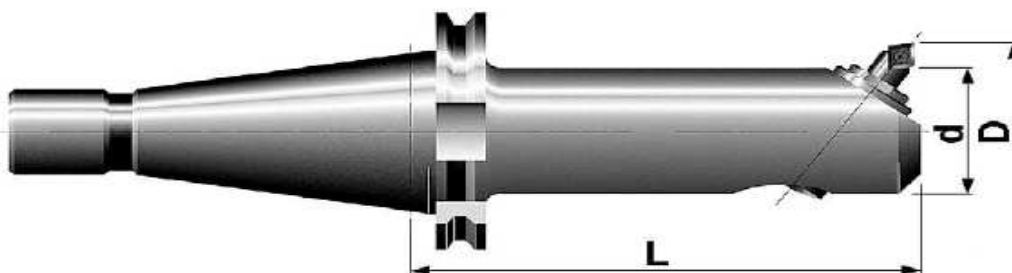
## 1.1 Vyvrtávací tyče a vyvrtávací hlavy

Vyvrtávací tyče a vyvrtávací hlavy patří k základním nástrojům pro vyvrtávání do kterých se upínají vyvrtávací nože.

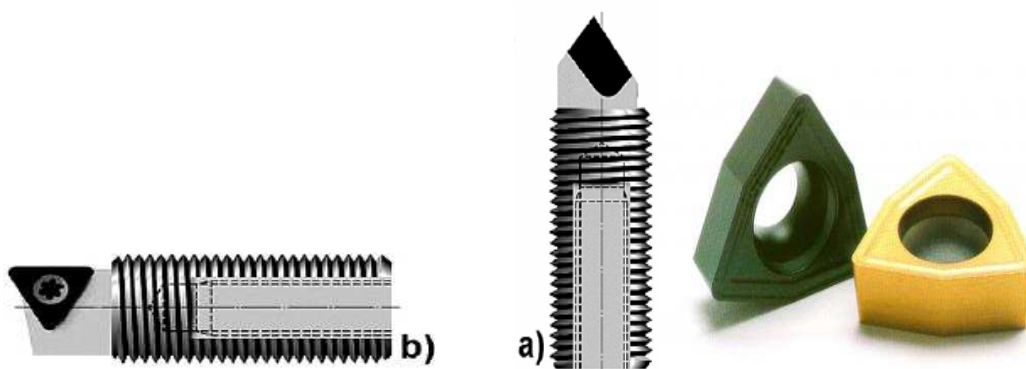
Vyvrtávací tyč tvoří držák kruhového průřezu na jednom konci opatřený upínací stopkou a na druhém konci dírou pro vyvrtávací nůž. Vyvrtávací tyče dělíme na *jednobřité*, které se používají především pro obrábění na čisto, *dvou a vícebřité* pro hrubování, kterými se dosáhne zvýšení úběru materiálu. Řešení těchto tyčí může být provedeno buď jedním nožem vloženým do podélné drážky a upevněným šroubem v ose vrtací tyče (dán určitý průměr, který nelze měnit), nebo pomocí dvou samostatných nožů, které jsou v určitém rozsahu nastavitelné. Umístění nožů může být provedeno proti sobě, nebo přesazené v ose vyvrtávací tyče, což umožňuje rozdělení přídatku na obrábění na oba nože. Břity musí být přesně seřizeny, tak aby pracovaly na stejném průměru a odebíraly stejný průřez třísky; pak je tyč namáhána pouze točivým momentem a ne ohybem. Tyto běžné vyvrtávací tyče se používají na konvenčních strojích upnuté pouze ve vřetenu (letmé uložení) nebo ve vřetenu a podepřené ložiskem.

Vyvrtávací hlavy se nasazují na vyvrtávací tyče s kuželovou stopkou a používají se pro vyvrtávání větších děr do průměru 500 mm. Mohou být *pevné* (v sadách po určitém rozsahu rozměrů), *stavitelné* (nastavování je pomocí mikrometrického šroubu, mechanicky nebo pomocí elektronického zařízení), *s nuceným posuvem* během procesu obrábění s mechanickým nebo elektronickým řízením pohybu. Pro speciální účely se vyrábějí vícebřité tvarové a složené vyvrtávací nástroje.

Vyvrtávací nože jsou řešeny podobně jako soustružnické nože s upravenou geometrií břitu pro vyvrtávání. Nůž je do vyvrtávací tyče upnut různými způsoby, ale vždy tak, aby bylo možné seřizovat polohu nože, a tím velikost vyvrtávaného průměru. Vyvrtávací nože jsou buď z rychlořezné oceli, s připájenou, nebo mechanicky upevněnou řeznou destičkou, u nožů malých rozměrů se používá roubíků připájených do tělesa nože. Při práci na čisto a jemném vyvrtávání se kromě slinutých karbidů postupně zvyšuje také podíl řezné keramiky, nožů s diamantem, nebo kubickým nitridem bóru.



Obr.1.1 Vyvrtávací tyč firmy M&V Vsetín



Obr.1.2 a) nože s pájenou břitovou destičkou ze slinutého karbidu

b) nože s vyměnitelnou břitovou destičkou ze slinutého karbidu



Obr.1.3 Kompaktní nástroj s variabilní délkou vyložení pro přesnou díru do průměru 30 mm



a)

b)

c)

Obr.1.4 a) Vytvářecí nástroje pro vysoce náročné hrubování a dokončování otvorů od průměrů 150 do 1180mm

b) Vysoce zatížitelné dvoubřité hrubovací hlavičky umožňují velice progresivní hrubování průměrů 20 až 203mm

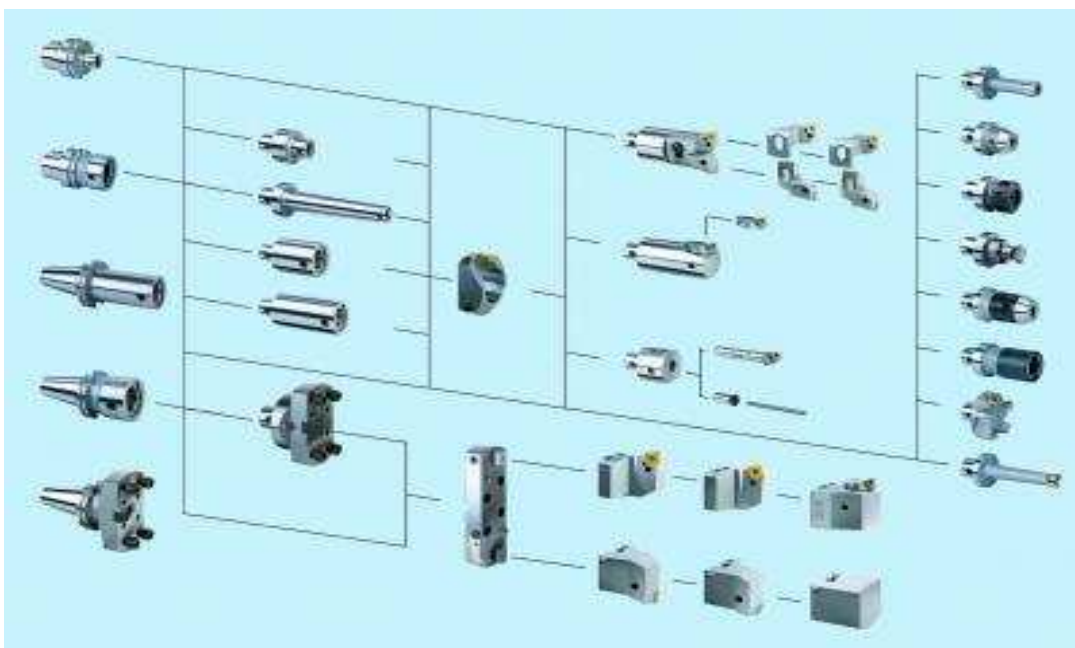
c) Jednobřité vytvářecí hlavička

## 1.2 Modulární nástrojové systémy

Nástrojové stavebnicové systémy se využívají zejména na NC a CNC strojích vzhledem k vysoké ceně přesných vyvrtávacích tyčí. Upínací a unášecí část může být společná pro řadu různých nástrojů. Využívá se prodlužovacích nástavců, na něž lze upínat nejrůznější typy vyvrtávacích hlav a fréz, nebo pomocí sklíčidel stopkové frézy, vrtáky, výstružníky, závitníky apod. Tak vznikají často obsáhlé stavebnice řezných nástrojů, které lze velmi ekonomicky využívat.

### 1.2.1 Nástrojový stavebnicový systém MBM

Tento systém byl vyvinut švýcarskou firmou Swiss Tool Systems AG, která je tradičním výrobcem modulárních nástrojových systémů. Systém MBM slouží jako univerzální nástrojová stavebnice, jejíž přednosti lze využívat na moderních obráběcích centrech jak v kusové tak i sériové výrobě. Své místo má také při využití například i na horizontálních vyvrtávacích strojích, nejen při hrubovacím a dokončovacím vyvrtávání, ale i při frézování a tvorbě otvorů a zahloubení do plného materiálu.

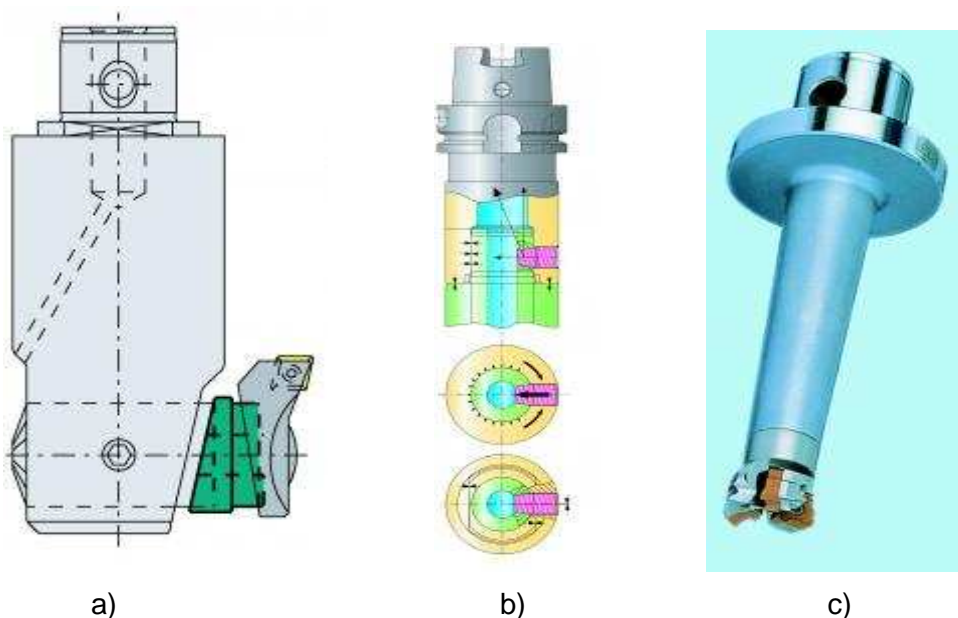


Obr.1.5 Nástrojový stavebnicový systém MBM

Základem MBM stavebnice je velmi tuhý rychlovýměnný upínací systém. Jeho vysoká tuhost je dosažena díky velkým a přesným stykovým plochám a vysokému předpětí na těchto plochách. Stykové plochy jsou na obvodu stopky, na čelech modulů a v zámcích systému. Vysoké předpětí na stykových plochách je vyvoláno dotažením radiálně umístěného šroubu. Výrobní tolerance jednotlivých prvků MBM upínacího systému zaručují optimální soustřednost všech MBM modulů a maximální radiální odchylku do 0,002 mm. MBM upínací systém není náročný na údržbu a je konstruován tak, aby jeho sestavování bylo snadné a rychlé, čímž je zároveň vyloučena možnost špatného sestavení. Všechny MBM moduly mají středový otvor pro přívod chlazení k řezné hraně nástroje. Upnutí do stroje je zajištěno pomocí základních adaptérů se stopkami ISO 30, 40 a 50, HSK-A, VDI nebo Weldon.

Tyto adaptéry je možné nastavovat na požadované délky pomocí širokého sortimentu redukcí a prodloužení.

Pro obrábění v hlubokých otvorech je navíc možné použít antivibrační prodloužení. MBM systém nabízí řešení vyvrtávání otvorů v rozsahu průměrů od 3 mm až do 655 mm. Přesné vyvrtání průměrů 3 až 88,1 mm je možné s použitím seřizovatelné hlavičky pro vyvrtávací tyče. Rozsah nastavení pro jednu vyvrtávací tyč je 5 mm a nejmenší dílek na seřizovací stupnici odpovídá 0,005 mm. Jemné seřízení průměru je umožněno díky přesně broušenému mikrometrickému šroubu. Pro produktivní obrábění při vysokých otáčkách je doporučeno použít vyvažovací kroužek, který redukuje nevyváženost nástroje o 90 %. Vyvažovací kroužek se nastavuje velmi jednoduše na základě vyvažovacích diagramů dodaných výrobcem a není potřeba použít vyvažovací stroj.



Obr.1.6 a) Doplnkem k dokončovacím hlavičkám je reverzní adaptér, který upne držák řezné destičky v pozici otočené o 180°, a tím umožní použít nástroj pro přesné zpětné vyvrtávání

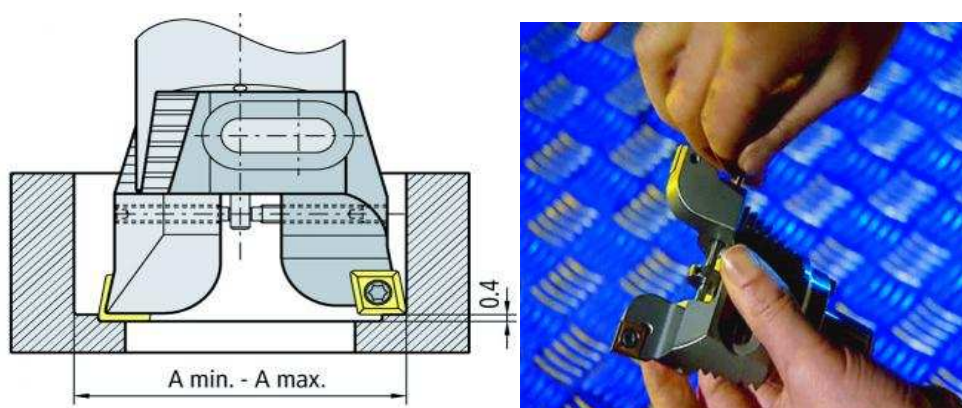
b) Stykové plochy upínacího systému MBM jsou na obvodu stopky, na čelech modulů a v zámcích systému

c) MBM frézy Rambo umožňují frézování kapes a otvorů do plného materiálu, a to od průměru otvoru 16 mm

Stejná přesnost je zaručena u vyvrtávacích dokončovacích hlaviček. Tyto hlavičky jsou schopné pokrýt rozsah průměrů otvorů od 23,9 mm do 171,1 mm. Rozsah nastavení jedné vyvrtávací hlavičky může být až 37 mm. Doplnkem k dokončovacím hlavičkám je reverzní adaptér, který upne držák řezné destičky v pozici otočené o 180° a tím umožní použít nástroj pro přesné zpětné vyvrtávání. Pro hrubovací a polodokončovací vyvrtání otvorů od průměru 23,5 do 153 mm jsou určeny MBM dvounožové hlavičky. Geometrie profilu vzájemně dosedajících zubů na nožích a hlavičkách zajišťuje optimální přenos řezné síly ve směru osy nástroje a tím minimalizuje vibrace. Pro



usnadnění nastavení průměru je možné použít dvounožové hlavičky se synchronizovaným seřizováním nožů, kde seřizováním jednoho nože se zároveň seřizuje i druhý nůž. Pro velké úběry materiálu lze použít nůž přesazený o 0,4 mm, který je v hlavičce upnut asymetricky. Vytváření otvorů od průměru 150 mm do průměru 655 mm je zajištěno mostovými nástroji. Jemné dokončování je umožněno pomocí nožů s přesně broušeným mikrometrickým šroubem pro nastavení konečného rozměru. Jeden dílek na stupnici opět odpovídá změně rozměru o 0,005 mm. Kromě vytvářecích operací má MBM systém další široké uplatnění. Univerzálnost jeho použití je dána širokým sortimentem koncovek, mezi něž patří kleštinová pouzdra, sklíčidla, frézovací trny, upínače pro Weldon, rychloupínací pouzdra pro závitníky a frézy s vyměnitelnými destičkami. Navíc je možné pomocí MBM fréz Rambo frézování kapes a otvorů do plného materiálu, a to od průměru otvoru 16 mm.



Obr.1.7 Pro velké úběry materiálu je vhodný nůž přesazený o 0,4 mm, který je v hlavičce upnut asymetricky.

Pro usnadnění nastavení průměru je možné použít dvounožové hlavičky se synchronizovaným seřizováním nožů, kde seřizováním jednoho nože se zároveň seřizuje i druhý nůž.

### 1.2.2 CKB/CKS vysoce výkonný modulární nástrojový systém



Obr.1.8 modulární nástrojový systém CKB/CKS



Modulární nástrojový systém je produktem firmy HEINZ KAISER LTD, splňuje požadavky na vysoký výkon a velkou univerzálnost, přesahuje kapacitu konvenčních nástrojových a upínacích systémů. Pro zachování nejvyšší tuhosti upínací části umožňují použití axiálních pevnostních šroubů. CKS-systém splňuje všechny požadavky pro velké zatížení při frézování se zaručenou souosostí. Modulární nástrojový systém CKB/CKS pro vrtání, vyvrtávání, frézování a závitování poskytuje nejlepší možné nástrojové kombinace pro rentabilní obrábění všech možných typů výrobků. Mimo upínacích kuželů, redukcí a prodloužení, držáků fréz, kleštinových držáků a nástrojů pro závitování, modulární systém obsahuje jednobřité a dvoubřité vyvrtávací hlavičky pro hrubování, vyvrtávací nástroje pro velké průměry a speciální nástroje.

### 1.3 Vyvrtávací nástroje s bezkontaktním nastavováním břitů

S postupným opotřebením se přesné seřízení břitů osazených vyvrtávacích nástrojů stává stále větším problémem, proto byly nabídnuta dvě řešení: ruční systém Smartbore a bezkontaktní systém ActiveEdge pro nastavování břitů vyměnitelných břitových destiček. Společnou výhodou obou systémů je to, že vlastní citlivá digitální elektronika není přes kontakty vystavena účinku chladiwa a odletujících třísek a umožňuje propojení s externím displejem a PC mimo prostor obrábění.



Obr.1.9 Ruční nastavovací nástroj Smartbore přesně seřizuje břity destičky vyvrtávací tyče s rozlišením 1  $\mu\text{m}$  na integrovaném displeji

#### 1.3.1 Smartbore

Systém je založen na kartridžích (držácích) VBD upnutých do vyvrtávacích tyčí a obsahujících elektroniku k nastavování břitů. Ručním nastavovacím nástrojem Smartbore, vybaveným integrálním podsvíceným LCD displejem se nastavení břitu VBD v kartridži (délka 55,5 - 58,6 mm x výška 16 - 20 mm), pevně upnuté do vybraní nástroje, provede nejen rychle a přesně, ale i přímo na vyvrtávací tyči upnuté v upínači. Potřebnou energii získává pohon nastavování bezkontaktně z lithiové baterie (akumulátoru)

nastavovacího nástroje. Rozlišení hodnot seřízení je 0,1  $\mu\text{m}$  na průměr díry a plynulý rozsah nastavení je 0,6 mm s přesností větší než 95 % v celém rozsahu. Na vyvrtávací nástroj pro nejmenší průměr vyvrtávané díry 28 mm lze umístit až 8 kartridží (držáků); u vestavěných jednobřitých tyčí s UFP držáky je minimální průměr díry 16 mm.

### 1.3.2 ActiveEdge

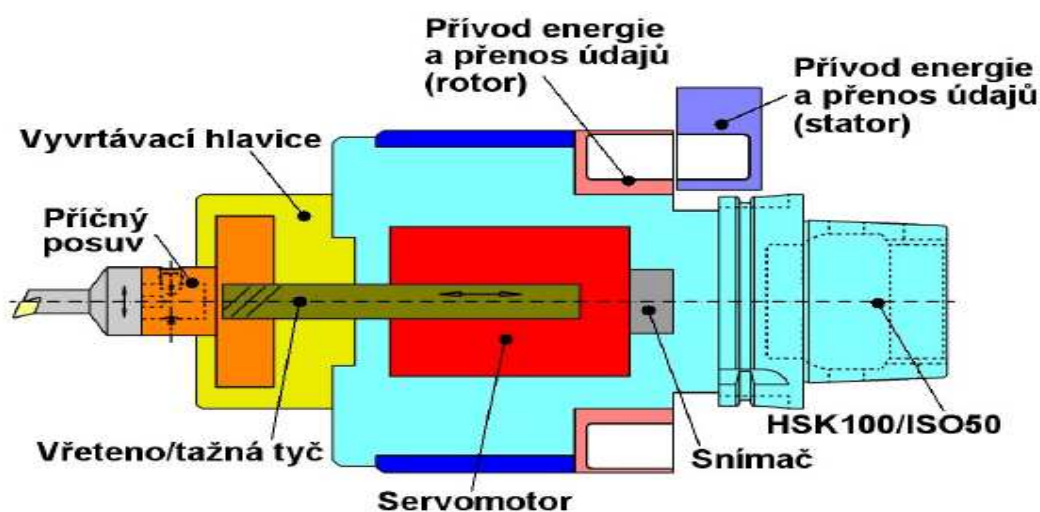
ActiveEdge představuje řešení vycházející z užití kartridží Smartbore a využívající bezdrátové telemetrie k bezkontaktnímu elektronickému seřizování břitů. Stejně jako u Smartbore jsou i parametry nastavování, podobně jako min. průměr díry 28 mm, od něhož je systém ActiveEdge s kartridžemi použitelný. Toto řešení nevyžaduje žádné úpravy vřetena, je vhodné pro všechny vyvrtávací tyče (příp. frézy) a všechny konstrukce zásobníků a nasazuje se na stopku vyvrtávací tyče. Tyč pro vícebřité vyvrtávání lze osadit až osmi kartridžemi. Ze základní stanice řídicího počítače jde signál přes vysílač do přední plastové části zařízení ActiveEdge, odkud je sdělen kartridžím, které se hlásí vlastním identifikačním kódem. V zadní části ActiveEdge je lithiová baterie (battery pack). Uživatel může systém propojit i s proměřováním či CMM. V tom případě pracuje ActiveEdge zcela autonomně bez zásahu obsluhy a kontaktu s nástrojem. Při seřizování se zadává průměr vyvrtávaného otvoru a použitý software nejenže zabrání chybnému obrábění, ale provede i seřízení, které vede ke správnému rozměru, a podá o svých krocích zprávu. Vyvrtávací nástroje pro oba systémy se vyrábí v provedení HSK dle DIN 69893 (HSK A+C pro ocel, E pro vysokorychlostní obrábění a F pro dřevo) a tepelně upínané (shrink-fit) CAT 40, CAT 50, HSK 63A a HSK 100. Použité destičky pokrývají povlakovaná, nepovlakovaná a mikrozrná provedení různých kombinací P05 - P50, K05 - 35 a M10 - M40, podle rozměrů kartridže: CC nebo CR..0602.., DC nebo DP0702.., TC nebo TP..1102..



Obr.1.10 seřizovací systém ActiveEdge seřizuje dálkově a bez zásahu obsluhy až osm držáků VBD na jednom nástroji. Základem obou systémů je držák (kartridž) VBD, vybavený elektronikou pro pohyb při seřizování nástroje

### 1.3.3 Mechatronický nástrojový systém Kom Tronic

Tento systém firmy Komet tvoří inteligentní nástroje pro vyvrtávání a obrábění vnitřních rotačních ploch, s kompenzací opotřebení bříty (systém M042) a možností výroby tvarových ploch ve vícenásobných operacích prováděných v rámci komplexních technologických procesů na obráběcích centrech a speciálních strojích (systém U-axis). Mechatronické nástrojové systémy pro obráběcí operace jsou charakterizovány kombinací vysoce přesné mechaniky, elektroniky a softwarového vybavení. Protože jsou v nich zabudovány potřebné snímače a ovladače, umožňují automatické seřizování nástroje i monitorování jeho funkce v průběhu řezného procesu.



Obr.1.11 Princip mechatronického vyvrtávacího nástroje U-axis firmy Komet

Vyvrtávací nástroje systému U-axis umožňují dynamické seřizování v průběhu obráběcího procesu. Mají servomotor s bezkontaktním přívodem elektrické energie, který je napojen na NC řídicí systém obráběcího stroje a v souladu s programem ovládá mechanismy seřizovacích pohybů tak, že nástrojem lze provádět přímkovou nebo kruhovou interpolaci v rámci osy Z. Přenos veškerých potřebných dat mezi nástrojem a řídicím systémem je rovněž bezkontaktní. Při použití zakázkových nástrojových modulů a břitových destiček KOMET umožňují nástroje systému U-axis obrobit na frézovacích nebo vyvrtávacích centrech takové vnitřní tvarové plochy, které jsou jinak vyrobitelné pouze na soustruzích. Nahrazením frézovacích operací s kruhovou interpolací se navíc šetří čas a zvyšuje kvalitu povrchu obrobené plochy.

## 1.4 CNC Vyvrtávací hlavy

### 1.4.1 DigiBore

Jedná se o novou generaci přesných vyvrtávacích hlav pro rozsah průměrů 3-208mm. Přesná vyvrtávací hlava DigiBore je zcela novým typem nástroje, který svými parametry, spolehlivostí a komfortem obsluhy představuje absolutní světovou špičku. Vestavěná optoelektronika umožňuje přesné

nastavení hloubky třísky a eliminuje vůle posunové mechaniky. Digitální zobrazení nastavených hodnot na displeji minimalizuje chyby při korekcích nástroje a zjednodušuje jeho seřízení přímo na stroji. Vyvrtávací hlava DigiBore je vybavena automatickým vyvažovacím mechanismem, který umožňuje využití vysokých řezných rychlostí v celém rozsahu přestavení a zajišťuje vysokou jakost opracování obráběného otvoru. Snadná manipulace díky digitálnímu displeji, maximální přesnost díky přímému opto-elektrickému odečítání polohy – to vše splňuje DigiBore – nejmodernější typ vyvrtávací hlavy. Široká paleta příslušenství umožňuje kromě vyvrtávání otvorů také vnější přetáčení a axiální zapichování. Rychlá a na tisícinu přesná korekce nastaveného rozměru přímo na stroji přispívá ke zvýšení produktivity a snižuje riziko zmetkovitosti.

Technické parametry nástroje DIGIBORE

- max.otáčky  $n_{\max}=16.000 \text{ min}^{-1}$
- rozsah použití se standardním příslušenstvím  $\varnothing 3\text{-}208 \text{ mm}$
- radiální přestavení až 3,5 mm
- přívod chladicí kapaliny středem nástroje  $p_{\max}=40 \text{ bar}$
- možnost využití metody minimálního mazání (MMS)
- použité kvalitní materiály zabraňují poškození a předčasnému opotřebení



Obr.1.12 Vyvrtávací hlavy DIGIBORE

#### 1.4.2 Plánovací hlavy TA-Center pro obráběcí centra

Tyto vyvrtávací hlavy jsou produktem firmy D'Andrea, která vyvinula dnešní novou řadu hlav TA-CENTER s automatickým vyvažováním pro usnadnění soustružicích operací na nerotujících obrocích ve všech obráběcích centrech. Tyto hlavy se vyrábí ve čtyřech modelech o průměrech 100, 125, 160 a 200 mm a mohou být snadno aplikovány na jakýkoli stroj s pohonem U-DRIVE připojeným k CNC. Rozměry, struktura a váha některých modelů umožňují novým hlavám TA-CENTER snadné umístění i do výměníku nástrojů malých obráběcích center, kde se při výměně automaticky připojí k U-DRIVE. Jednoduchá aplikace jednotky pohonu a připojení k CNC stroje umožňuje obráběcímu centru provádět jakýkoli typ operací vč. soustružení, válcové a

kónické vyvrtávání, čelní soustružení, závitování, sražení hran a obrábění sférického tvaru. V případě, že nelze připojit hlavu k CNC řízené ose, lze motor pohonu ovládat pomocí praktické, jednoduché a ekonomické polohovací jednotky vybavené dálkovým ovladačem REMOTE-CONTROL. Polohovací jednotku lze připojit k M funkcím stroje, aby mohla přijímat povely ke startu jednotlivých operací předprogramovaných na ovladači REMOTE-CONTROL, a získat povel M funkce při závitovacích operacích vyžadujících interpolaci os souběžně s CNC signálem pro osu stroje.



Obr.1.13 Plánovací hlava TA-Center firmy D'Andrea

### 1.4.3 Vyvrtávací hlavy NGV

Jedná se o novou konstrukci vyvrtávacích nástrojů pro jemné vyvrtávání děr do stupně přesnosti IT6 firmy HAM-Final. Rozdíl oproti tradičním hlavám je v tom, že vyvrtávací jednotka řady NGV obsahuje excentrický hydraulický upínač, přičemž osa upínací válcové dutiny je radiálně posunuta o 0,1 mm vzhledem k ose upínacího kužele. Do této dutiny je upnuta vyvrtávací tyč s výměnnou řeznou destičkou. Na těleso tyče ze slinutého karbidu je napájena ocelová část, ve které je sedlo pro destičku. Každá vyvrtávací tyč je vždy určena pro konkrétní průměr díry D, přičemž otáčením tyče (s vyznačenou stupnicí) lze velmi jemně nastavit vyložení řezného břitu na průměr vyvrtávání  $D+0,1/-0,2$ . Základní řada vyvrtávacích tyčí je určena pro průměry děr  $D = 6 - 16$  mm (po 1 mm) a pro hloubky děr 4D a 6D.

*Hlavní přednosti-* Vyvrtávací jednotky pro dosažení průměru díry v toleranci  $\pm 0,05$  mm se nemusí předseřizovat. Každou jednotku lze nastavit v určeném rozsahu na konkrétní průměr v přesnosti  $\pm 0,05$  a dále posunout břit s přesností 3 - 5  $\mu$ m na konečný průměr vyvrtávání. Vyvrtávací tyč nastavenou na určitý průměr lze odepnout z hydroupínače, uskladnit (před odepnutím hodnotu nastavení z číselníku zapsat) a znovu nasadit (vždy do stejného hydroupínače) a obrábět díru s původním rozměrem bez nového seřizování. Tato metoda v mnoha případech nahradí vystružování. Ke každému vyvrtávanému průměru je přiřazen optimální průměr vyvrtávací tyče zhotovené ze slinutého karbidu. Vysoká tuhost tyčí zajišťuje vyšší přesnost polohy a tvaru díry, možnost uplatnění maximálních řezných rychlostí. Kompletní vyvrtávací jednotka, tj. hydroupínač a vyvrtávací tyč, jsou při výrobě



dynamicky vyvážený. Malé vyosování břitu zaručuje klidný chod vyvrtávací jednotky v celém rozsahu vyosení. Vysoká tuhost jednotlivých tyčí a přívod chladicího média nástrojem přímo k řezné destičce zajišťuje dokonalé chlazení a vyprazdňování třísek a umožňuje použít vysokých řezných rychlostí.

#### 1.4.4 Vyvrtávací a úhlové hlavy Dinox od firmy Dine

Tyto nástroje japonské firmy jsou opatřeny upínacím systémem HSK pro stabilnější a přesnější upnutí, vyznačují se především přesným a pevným uložením nástroje vůči vřetenu.

**Úhlové hlavy**- Díky převodu krouticího momentu z vřetene na nástroj uvnitř upínače lze pro obrábění pod různým nastavením nástroje vůči obrobku bez složitého přestavování vřetene využít úhlové hlavy. Tak je možné opracovat obrobky větších rozměrů nebo složitějších tvarů. Použití takové hlavy vylepší ekonomičnost výroby, zejména přinese snížení vedlejších časů spojených s přestavováním stroje anebo upnutím výrobku, čímž je pozitivně ovlivněna i přesnost výroby. Úhlové hlavy Dinox mají vysokou tuhost (vibrace v místě upnutí do 0,005 mm) nízkou hlučnost převodu a vysokou přesnost. Pozitivně působí i antikoroziční úprava povrchu.

**Vyvrtávací hlavy**- Jsou zajímavým řešením pro obrábění přesných průměrů otvorů. Jsou vyráběny tak, že v tělese je upnutý stavitelný břit, který se přes přesný mikrozávit nastaví na požadovaný rozměr. V nabídce má Dinox hned několik systémů pro různé průměry otvorů, od 6 do 370 mm (v některých případech možnost i větších rozměrů). Jedním z rozdílů je sama konstrukce, kde mikrojednotka je upnuta přímo do tělesa vyvrtávací tyče. Tím pádem je upnutí mnohem stabilnější, bez větších chvění, a je tedy možné použít nástroj pro hlubší otvory. Mikrojednotku lze nastavit na různé průměry po 0,02 mm. Další výhodou je i možnost upnout do jednoho tělesa vyvrtávací tyče jak jednotku s mikrozávitem, tak i hrubovací. Všechny typy vyvrtávacích hlav jsou k dodání nejen v provedení monolitického nástroje, ale i v modulárním systému, vyráběném v licenci Komet. Jedná se o všestranně zaměnitelný systém upínání nástrojů. Podstata je v tom, že lze z různých druhů upínačů (ISO/BT/HSK), prodloužení a pracovních částí sestavit různé typy nástrojů nebo držáků. Tak je možné zaměnit kleštinový upínač s upínačem nástrčných fréz, závitových hlav, vyvrtávacích hlav různých typů a velikostí. Aby tento systém mohl fungovat, musí být jednotlivé části vyráběny v těch nejtěsnějších a nejpřesnějších tolerancích. Spojení jednotlivých částí je vyřešeno jednoduchým a rychlým upnutím, kde se jednotlivé části vloží do přesných pouzder a dvěma přesnými šrouby jsou zajištěny pro správné sesazení proti prokluzu. Maximální odchylky jednotlivých spojení jsou 0,005 mm.



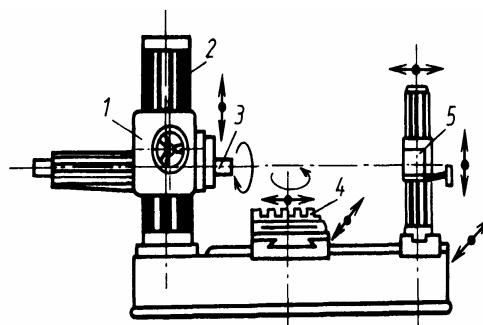
Obr.1.14 Vyvrtávací hlava firmy Wohlhaupter a různé provedení úhlových hlav

## 2 VYVRTÁVACÍ STROJE

Vyvrtování lze provádět na soustruzích, vrtačkách, souřadnicových vrtačkách, jednoúčelových strojích, vyvrtávacích jednotkách v automatických linkách, soustružnických a frézovacích obráběcích centrech. Nejčastěji jsou však pro vyvrtávací operace používány přede-vším vodorovné vyvrtávačky (stolové nebo deskové), jemné vyvrtávačky a souřadnicové vyvrtávačky. Tyto stroje mají často koncepci vyvrtávacích obráběcích center, někdy jsou konstruovány jako jednoúčelová zařízení. Velikost vodorovných vyvrtávaček se posuzuje podle průměru vřeten - vyrábějí se ve velikostech v rozmezí od 63 do 300 mm.

### 2.1 Stolové vyvrtávačky

Stolové vyvrtávačky jsou charakterizovány pracovním stolem, který se pohybuje na příčných sáních. Pracovní stůl se dá pootočit až o 360°. Na jednom konci lože je připevněn stojan se svisle přestavitelným vřeteníkem na druhém konci je opěrný stojan s výškově stavitelným ložem pro vedení vyvrtávací tyče. Pracovní vřeteno se otáčí a zároveň vysouvá z vřeteníku.



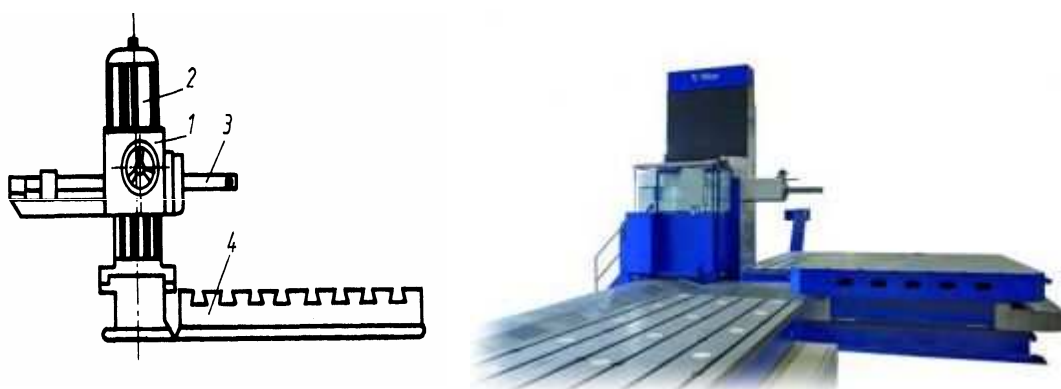
Obr.2.1 Vodorovná stolová vyvrtávačka W(R)FT 130 CNC

1-vřeteník; 2-stojan; 3-vřeteno; 4-pracovní stůl; 5-opěrné ložisko

Vodorovné firmy Fermat WFT 120 CNC, WFT 130 CNC a WRFT 130 CNC jsou vodorovné vyvrtávačky stolového typu. V prvních dvou případech se jedná o model s výsuvným pracovním vřetenem, ve třetím případě i s výsuvnou pinolou (smýkadlem). Díky této koncepci se jedná o univerzální frézovací a vyvrtávací stroj, který dokáže vysoce produktivně obrábět rozměrné dílce při zachování vysoké přesnosti a kvality opracování. Stroj je řešen modulárně, takže je možné jej přizpůsobit požadavkům uživatele.

### 2.2 Deskové vyvrtávačky

Deskové vyvrtávačky nemají pracovní stůl, obrobek se upíná na upínací desku. Stojan s vřeteníkem se pohybuje podél této desky. Pokud se používá otočný stůl, upíná se na upínací desku a má samostatný pohon.  
1-vřeteník; 2-stojan; 3-vřeteno; 4-pracovní deska



Obr.2.2 Vodorovná desková vyvrtávačka WRF FERMAT

Vodorovné frézovací a vyvrtávací stroje deskového typu WRF 130 CNC a WRF 150 CNC s výsuvným smýkadlem a výsuvným pracovním vřetenem, základním znakem je stavebnicová koncepce, která umožňuje značnou variabilitu sestavení při použití periferních zařízení a příslušenství. Obrobky lze upínat podle potřeb buď na přídavný otočný stůl s vodorovným přestavením, na upínací pole sestavené z upínacích desek nebo lze obě tyto varianty libovolně kombinovat, a to i ve vícenásobném uspořádání.

### 2.3 Jemné vyvrtávačky

Jemné vyvrtávačky mají jeden nebo více vřeteníků z jedné nebo obou stran lože. Obrobek se upíná na pracovní stůl, konající podélný (posuvový) pohyb po vedení lože, pohon stolu je zpravidla hydraulický, s plynulou regulací rychlosti pohybu. Vyvrtávací tyče, upínané do pracovních vřeten letmo, jsou krátké a velmi tuhé.

### 2.4 Souřadnicové vyvrtávačky

Souřadnicové vyvrtávačky se používají pro vrtání přesných děr (až IT4) v přesných roztečích (s odchylkou 0,002 mm) a jsou vyráběny ve dvou variantách. První typ konstrukce má pevné lože, po němž se podélně pohybuje pracovní stůl a v příčném směru se nastavují souřadnice vřeteníkem posouvaným po příčniku. U druhé konstrukční varianty se souřadnice v obou směrech nastavují podélným a příčným stolem, pracovní vřeteník lze pouze posouvat svisle po stojanu stroje. K odměřování souřadnic slouží obvykle optický systém. U moderních strojů se používají CNC řídicí systémy.

Obr.2.3 Souřadnicová vyvrtávačka s revolverovou hlavou





## 2.5 Portálový CNC vyvrtávací a frézovací stroj

Portálová CNC vyvrtávací a frézovací stroje jsou vhodné k podélnému i příčnému frézování vodorovných, svislých a šikmých ploch od malých až po zvláště těžké obrobky. Konstrukce a výkon stroje dovolují plné využití nástrojů z rychlořezné oceli i ze slinutých karbidů a umožňují přesné obrábění materiálů všech běžných druhů i při nejobtížnějších řezných podmínkách. Stroje jsou zejména využívány pro obrábění obrobků s více otvory a tvarovými plochami s požadavky na vysokou přesnost. Portálové CNC vyvrtávací a frézovací stroje umožňují automatické souvislé řízení ve třech osách – X, Y, Z, což umožňuje kruhovou i lineární interpolaci. Na stroji lze vybírat z řady volitelných příslušenství, zejména frézovacích hlav.



Obr.2.4 Portálový vyvrtávací a frézovací stroj

## 3 ŘEZNÉ PODMÍNKY A KAPALINY

### 3.1 Běžné vyvrtávací tyče

Malá tuhost vyvrtávacích tyčí omezuje do jisté míry volbu průřezu třísky. Řezná rychlost je ovlivněna špatným odvodem tepla při obrábění v díře a zhoršenými podmínkami pro odvod třísek z místa řezu. Pro zvýšení trvanlivosti břitu nástroje lze použít, zejména u nástrojů s břity z rychlořezných ocelí, chlazení. Chladičí kapalina zde plní ještě další důležitou funkci, a to vyplachování třísek z vyvrtané díry.

Tab.3.1 Hodnoty posuvu a hloubky řezu

| Operace          | Posuv na otáčku<br>(mm) | Hloubka řezu<br>(mm) |
|------------------|-------------------------|----------------------|
| Hrubování        | 0,1 až 1,5              | 3 až 5               |
| Načisto          | 0,04 až 0,3             | 0,2 až 0,5           |
| Jemné vyvrtávání | 0,005 až 0,05           | 0,1 až 0,3           |

Volba velikosti posuvu závisí na požadované jakosti obrobeného povrchu a na tuhosti vyvrtávací tyče.

Řezná rychlost se určí stejně jako při soustružení a snižuje se koeficientem, který závisí na průměru díry:

$$v_{cv} = k \cdot v_{cs} \quad (3.1)$$

$v_{cv}$  - řezná rychlost při vyvrtávání

$v_{cs}$  - řezná rychlost při soustružení

$k$  - opravný koeficient, jeho hodnoty jsou uvedeny v tabulce:

Tab.3.2 Hodnoty opravného koeficientu

| Průměr díry<br>(mm) | Opravný koeficient<br>k |
|---------------------|-------------------------|
| Větší než 250       | 1                       |
| 150 až 250          | 0,95                    |
| 80 až 150           | 0,90                    |
| 50 až 80            | 0,80                    |
| 20 až 50            | 0,70                    |

### 3.2 Vyvrtávací tyče dokončovací

Vyvrtávací tyče jsou určeny pro jemné vyvrtávání v přesnosti IT 7 až IT 8 předhrubovaného otvoru. Dosahovaná drsnost povrchu  $R_a$  1,6 až 2,7

#### Řezná rychlost

Vyvrtávací tyče mají sedlo destičky normalizováno dle ISO, je tedy možné použít destičku od kteréhokoliv výrobce. Řeznou rychlost volíme dle doporučení výrobce destičky. Řezná destička však musí mít takový utvařec, aby při vyvrtávání vznikla utvářená tříska.

#### Hloubka řezu $a_e$

Doporučuje se 1 až 1,5 násobek poloměru špičky řezné destičky.

Tab.3.3 Posuv

| Rádus špičky<br>[mm] | Posuv $f_z$<br>[mm] |
|----------------------|---------------------|
| 0,1                  | 0,02 - 0,05         |
| 0,2                  | 0,04 - 0,08         |
| 0,4                  | 0,10 - 0,16         |

Posuv v součinnosti s rádiusem špičky řezné destičky určuje drsnost  $R_a$ . Doporučuje se první volba dle tabulky. Štíhlost tyče a zvyšující se otáčky napomáhají tendenci rozkmitání a zhoršení  $R_a$ . Chlazení má příznivý účinek na dodržení válcovitosti. Snižuje tepelné dilatace. Při obrábění kalených ocelí destičkou CBN je velmi vhodné chlazení vzduchem.

### 3.3 Vytvářecí tyče hrubovací

Řeznou rychlost volíme dle doporučení výrobce destičky. *Hloubka řezu  $a_e$*  - Vytvářecí tyče jsou konstruovány tak, že obě řezné destičky jsou axiálně na stejné výšce. Proto musí být obě nastaveny na stejný průměr. Nelze šířku řezu rozdělit na polovinu pro každou destičku zvlášť.

Oceli všeobecně 
  nerezové oceli 
  litina 
  neželezné kovy-měď, hliník

| Rozsah<br>vytváření<br>[mm] | Maximální posuv na zub $f_{zmax}$<br>[mm] |               |               |               |
|-----------------------------|---|---------------|---------------|---------------|
| Ø 30 - 39                   | 0,08-<br>0,12                             | 0,05-<br>0,07 | 0,10-<br>0,15 | 0,15-<br>0,20 |
| Ø 38 - 50                   | 0,10-<br>0,15                             | 0,06-<br>0,09 | 0,12-<br>0,20 | 0,18-<br>0,23 |
| Ø 48 - 63                   | 0,10-<br>0,20                             | 0,07-<br>0,10 | 0,15-<br>0,22 | 0,20-<br>0,25 |
| Ø 60 - 80                   | 0,12-<br>0,25                             | 0,09-<br>0,12 | 0,20-<br>0,25 | 0,25-<br>0,30 |
| Ø 76 - 110                  | 0,15-<br>0,25                             | 0,10-<br>0,14 | 0,25-<br>0,30 | 0,28-<br>0,35 |
| Ø 105 - 160                 | 0,15-<br>0,25                             | 0,12-<br>0,15 | 0,25-<br>0,30 | 0,28-<br>0,35 |

| Rozsah<br>vytváření<br>[mm] | Maximální<br>hloubka<br>řezu $a_{emax}$<br>[mm] |     |     |   |
|-----------------------------|---|-----|-----|---|
| Ø 30 - 39                   | 3,5   | 3,0 | 3,5 | 4 |
| Ø 38 - 50                   | 5,0   | 3,5 | 5,0 | 6 |
| Ø 48 - 63                   | 5,5   | 4,0 | 5,5 | 6 |
| Ø 60 - 80                   | 6,5   | 5,0 | 6,5 | 8 |
| Ø 76 - 110                  | 7,0   | 5,0 | 7,0 | 8 |
| Ø 105 -<br>160              | 8,0   | 6,0 | 8,0 | 9 |

### 3.4 Řezné kapaliny

Při vlastním kontaktu obrobku a obráběcího nástroje hraje velmi důležitou roli také médium, které zajišťuje základní požadavky kvalitního obrábění (mazání, chlazení, vyplachování, antikorozi ochrana nebo zdravotní nezávadnost kapaliny). Mazání a chlazení představuje dvě velmi důležité vlastnosti kapalin určených pro obrábění. Uvedené vlastnosti se uplatňují zejména ve styčné ploše mezi obráběnou součástí a hřbetem nástroje a mezi odebíraným materiálem a čelem nástroje. Je zřejmé, že právě z hlediska požadovaného mazání jsou vhodnými kapalinami pro obrábění produkty s velmi dobrou mazivostí (řezné oleje), jež pomocí obsažených přísad omezují přímý kovový kontakt styčných povrchů, čímž dochází k minimalizaci tření a následného minimálního opotřebení nástroje se zachováním přesnosti obrábění.

*Chladicí účinek*- tímto se rozumí schopnost řezného prostředí odvádět teplo z místa řezu. Odvod tepla vzniklého při řezání se uskutečňuje tím, že řezné prostředí obklopuje nástroj, třísky i obrobek a přejímá část vzniklého tepla.

**Mazací účinek**-je vyjádřen schopností prostředí vytvořit na povrchu obrobku a nástroje vrstvu, která brání přímému styku kovových povrchů a snižuje tření mezi obrobkem a nástrojem.

**Čistící účinek**- čistící účinek řezného prostředí znamená, že jeho přívod odstraňuje třísky z místa řezání například při hlubokém vrtání.

### 3.4.1 Druhy řezných kapalin

Řezné kapaliny je možné členit na kapaliny s převažujícím *chladicím* účinkem a na kapaliny s převažujícím *mazacím* účinkem. Je s nohou docílit zvýšení mazacího účinku i u kapalin s převažujícím chladicím účinkem, tak že je stírán rozdíl mezi oběma skupinami.

**Vodné roztoky**- jsou nejjednodušší řezné kapaliny, voda jako jejich základ vyžaduje řadu úprav, jako je její změkčování, přidávání přísad proti korozi a podobně. Vodné roztoky mají velmi dobré chladicí a čistící účinky.

**Emulzní kapaliny**- tvoří disperzní soustavu dvou vzájemně nerozpustných kapalin, z nichž jedna tvoří mikroskopické kapky, rozptýlené v kapalině druhé. Obvykle se jedná o olej ve vodě. Přitom je třeba využít další složky, tzv. emulgátory, které zabrání koagulaci jemně rozptýlených částic oleje ve vodě. Emulzní kapaliny spojují do určité míry přednosti vody a mazacích olejů. Chladicí účinek emulzní kapaliny závisí na koncentraci emulze a s rostoucí koncentrací chladicího účinku kapaliny ubývá. Emulzní kapaliny zahrnují asi 80% všech používaných řezných kapalin. Schopnost ochrany proti korozi závisí na hodnotě **pH** emulze.

**Řezné oleje**- jsou zušlechťené minerální oleje. Přísady, které se používají, zvyšují tlakovou únosnost a mazací vlastnosti. Jako přísady, které zlepšují mazací schopnosti řezných olejů, se používají *mastné látky* (tyto přísady zvětšují přilnavost oleje ke kovu a zlepšují mazací schopnosti, ale ne za extrémních tlaků). *Organické sloučeniny* (jsou to sloučeniny prvků jako je síra, chlor, fosfor). Všechny tyto látky se osvědčily jako vysokotlaké přísady. Na povrchu vytvářejí vrstvičku kovových mýdel, která zabraňují kovovým svárům a usnadňují kluzný pohyb troucích se povrchů). *Pevná maziva* která se používají jako přísady do řezných olejů, působí při řezání mechanickým účinkem. Svou afinitou ke kovu vytvářejí mezní vrstvu, odolnou proti tlakům a zlepšují mazací schopnosti oleje.

**Syntetické a polosyntetické kapaliny** – tento druh řezných kapalin se vyznačuje velkou provozní stálostí. Většinou jsou rozpustné ve vodě a mají dobré chladicí, mazací a ochranné účinky, zajišťují rychlé odvádění tepla, mají dobré čistící vlastnosti a jednoduchou přípravu. Syntetické kapaliny neobsahují minerální oleje, jsou složeny z rozpouštědel-glykolů, které ve vodě emulgují, nebo se rozpustí. Je v nich možno rozptýlit oleje, čímž vznikají polosyntetické řezné kapaliny, které mají příznivější mazací schopnosti.

### 3.4.2 Přívod řezné kapaliny do místa řezu

Způsob přívodu řezné kapaliny do místa řezu významně ovlivňuje parametry řezného procesu, zejména trvanlivost bříty nástroje a jakost obrobené plochy.

**Standardní chlazení-** tento způsob přívodu řezné kapaliny nevyžaduje žádnou úpravu přívodního potrubí, postačuje úprava daná výrobcem těchto zařízení. Množství dodávané kapaliny je dáno typem čerpadla a průměrem výstupního otvoru.

**Tlakové chlazení-** při tomto způsobu chlazení je řezná kapalina přiváděna do místa řezu pod vysokým tlakem (0,3 až 3 MPa) zespodu na břit nástroje, přímo do místa řezu. Tento způsob je vhodný tam kde vzniklé teplo má prokazatelně špatný vliv na trvanlivost nástroje, kapalina se rozstříkuje a je proto nutné krytování pracovního prostoru stroje.

**Chlazení řeznou mlhou-** řezná kapalina je rozptýlena tlakem vzduchu vytékajícího z trysky rychlostí až 300 m/s. Velmi dobrého odvodu tepla z místa řezu se dosáhne tím, že rozpínající se vzduch obsahuje částičky řezné kapaliny a tím má větší schopnost přejímat vzniklé teplo. Dochází ke zvýšení výkonu obrábění a úspoře řezné kapaliny.

**Podchlazování řezné kapaliny-** podchlazování řezné kapaliny na teplotu nižší než je teplota okolí přispívá ke zvýšení trvanlivosti nástrojů. Běžné druhy řezných kapalin mohou být při zachování mazacích vlastností podchlazeny na 5 až 7°C, oleje na 15 až 20°C. Podchlazení na nižší teploty je podmíněno stálostí řezné kapaliny a houstnutím u řezných olejů. Podchlazením na teplotu pod bodem mrazu lze dosáhnout zvýšení výkonu obrábění, ale je nutno použít specifické složení řezné kapaliny z výše uvedených důvodů.

**Vnitřní chlazení-** vnitřní chlazení je metodou, která přináší výrazné zvýšení výkonu obrábění. U vrtáků je vnitřní chlazení upraveno tak, že řezná kapalina je přiváděna otvory v tělese vrtáku až do místa řezu. Tohoto způsobu chlazení se využívá při vrtání hlubokých děr a těžkoobrobitelných materiálů. Také zvýšení tlaku řezné kapaliny přiváděné do místa řezu vede ke zvýšení výkonu obrábění a případně k lepšímu odvodu třísek. Při tomto způsobu chlazení je však nutné zajistit dokonalé čištění řezné kapaliny.

#### 4 DOSAHOVANÉ PARAMETRY PŘI VYVRTÁVÁNÍ v POROVNÁNÍ S DOKONČOVACÍMI METODAMI OBRÁBĚNÍ

Na přesnost rozměrů a jakost obrobené plochy při vyvrtávání má vliv tuhost vyvrtávací tyče, rezné podmínky, geometrie břitu rezného nástroje apod. Důležitým parametrem při vyvrtávání je dobré utváření třísek. Pokud není tříska spolehlivě utvářena, namotává se na nástroj a odtlačuje ho od obrobené plochy. Tím se zhoršuje geometrická přesnost díry a drsnost obrobeného povrchu, který je navíc třískou poškrábán.

Tab.4.1 Dosahované hodnoty přesnosti a drsnosti rozměrů vyvrtávaných děr

| Operace          | Přesnost rozměrů<br>IT | Jakost povrchu<br>Ra(μm) |
|------------------|------------------------|--------------------------|
| Hrubování        | 11 až 14               | 6,6 až 25                |
| Načisto          | 9 až 11                | 1,6 až 6,3               |
| Jemné vyvrtávání | 5 až 8                 | 0,2 až 1,6               |

Podle typu obráběcího stroje a způsobu odměřování polohy vřetene a obrobku lze dosáhnout přesnosti roztečí děr v rozsahu 0,2 až 0,02 mm.

**Vystružování**—slouží k vytvoření přesného rozměru, k dosažení správného geometrického tvaru díry a dobré jakosti obrobeného povrchu. Výstružníky jsou nástroje s břitzy z rychlořezné oceli. Vysoce výkonné nástroje mají břity ze slinutého karbidu buď pájené nebo mechanicky upínané. Vystružování se provádí obvykle na vrtačkách, hlavní rezný pohyb (otáčivý) i posuv ve směru osy díry vykonává většinou nástroj.

Tab.4.2 Dosahované hodnoty přesnosti a drsnosti rozměrů vystružených děr

| Operace                                       | Přesnost<br>IT | Jakost povrchu<br>Ra(μm) |
|---|----------------|--------------------------|
| Vystružování ruční                            | 6 až 8         | 0,4 až 1,6               |
| strojní                                       | 7 až 9         | 0,4 až 1,6               |
| Vystružování jednobřitým<br>výstružníkem z SK | 5 až 6         | 0,15 až 0,2              |
| Jemné soustružení                             | 5 až 7         | 0,2 až 0,8               |

Průměr díry i drsnost obrobené plochy závisí na řadě parametrů, jako jsou rezné podmínky, tuhost nástroje, použitá chladicí kapalina atd.



Obr.4.1 Ruční výstružník na MK kužely a nástrčný výstružník

#### 4.1 Dokončovací operace obrábění

Dokončovací obrábění je technologický proces, jehož cílem je zvýšení jakosti obrobeného povrchu, zlepšení jeho mechanických a fyzikálních vlastností, zvýšení přesnosti tvarů a rozměrů součásti a zlepšení vzhledu povrchu součásti. Při dokončovacím obrábění jsou odebírány třísky malých průřezů, proto jsou řezné síly malé, což zaručuje malé deformace obrobku, nástroje, upínače i stroje, a tedy dosažení vysoké přesnosti obrábění. Mezi dokončovací operace obrábění můžeme zahrnout: *broušení, honování, lapování a superfinišování*.

**Broušení**- se provádí na speciálních strojích zvaných brusky na díry, různými způsoby (*axiální s podélným posuvem, zapichovací, planetové, vnitřní bezhroté*) nástrojem nazývaným brousící kotouč (vyrábí se o různé tvrdosti a zrnitosti). Dosahované parametry při broušení závisí především na tuhosti a přesnosti brusky, velikosti zrna a dalších vlastnostech brousícího kotouče, na způsobu broušení a na řezných podmínkách.

Tab.4.3 Dosahované hodnoty přesnosti a drsnosti rozměrů při broušení otvorů

| Způsob broušení  | Přesnost<br>IT | Jakost povrchu<br>Ra(μm) |
|------------------|----------------|--------------------------|
| Vnitřní broušení |                |                          |
| hrubování        | 9 až 11        | 1,6 až 3,2               |
| načisto          | 5 až 7         | 0,4 až 1,6               |
| jemné broušení   | 3 až 6         | 0,05 až 0,4              |



Obr.4.2 Brousící kotouče a brousící elektrovřetena PS-RG

**Honování**- je operace obrábění, při které je materiál obrobku odebírán pohybem brousících zrn vázaných pevně pojivem v honovacích lištách nebo honovacích kamenech. Nástroj (honovací hlava opatřená honovacími kameny), který je ve stálém styku s obráběnou plochou, koná současně otáčivý a přímočarý vratný pohyb, otáčivý pohyb může konat také obrobek buď současně s nástrojem, nebo samostatně v případě neotáčejícího se nástroje. Honování odstraňuje kuželovitost, nekruhovitost, vlnitost obráběného povrchu, soudkovitost díry, ale nelze změnit polohu osy díry danou předchozím

obráběním. Vysoká jakost obrobené plochy (až  $Ra=0,025\mu m$ , běžně  $Ra=0,4\mu m$ ), vysoká přesnost rozměrů (2 až  $5\mu m$ ), tolerance honovaných děr je maximálně IT4 až IT2 běžně IT5 až IT7.

Tab.4.4 Dosahované hodnoty přesnosti a drsnosti rozměrů při honování otvorů

| Způsob honování          | Přesnost<br>IT | Jakost povrchu<br>$Ra(\mu m)$ |
|--------------------------|----------------|-------------------------------|
| Klasické honování        | 3 až 5         | 0,1 až 0,8                    |
| Diamantové honování      | 2 až 4         | 0,2 až 0,8                    |
| Vibrační honování        | 2 až 4         | 0,1 až 0,4                    |
| Elektrochemické honování | 3 až 5         | 0,2 až 0,8                    |

**Lapování-** je proces obrábění, při kterém je materiál obrobku odebírán pohybem brousících zrn volně rozptýlených v kapalině nebo pastě, umístěných mezi obrobkem a nástrojem. Lapováním se dosahuje zmenšení drsnosti povrchu a zvýšení přesnosti geometrického tvaru. Předpokladem pro dokonalé lapování je dokonalé předchozí obrobení plochy, používají se operace broušení, jemné vyvrtávání a soustružení, vystružování. Pro lapování vnitřních rotačních ploch se používají pevné nebo rozpínací trny, které mají na činné části nástroje vytvořeny drážky, které tvoří zásobník pro lapovací prostředek.

Tab.4.5 Dosahované hodnoty přesnosti a drsnosti rozměrů při lapování otvorů

| Tvarová přesnost<br>( $\mu m$ ) | Přesnost<br>rozměru | Jakost povrchu<br>$Ra(\mu m)$ |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 0,05 až 1,0                     | IT1 až IT6          | 0,005 až 0,4                  |

**Superfinašování-** je obrábění jemnozrnnými brousícími kameny ve kterých jsou pevně uchyceny brousící zrna, při nízkých řezných rychlostech, malých měrných tlacích nástroje na obráběnou plochu a při kombinaci kmitavého pohybu (ten koná nástroj), otáčivého a přímočarého posuvného pohybu. Nástroj je tvořen vhodným držákem s přilepenými superfinašovacími kameny, lištami nebo tyčinkami. Jako stroje lze použít brusky, soustruhy, vyvrtávačky, které je nutno vybavit speciálním přídatným zařízením, nebo speciální automaty pro superfinašování. Superfinašování zlepšuje kvalitu obrobeného povrchu, ale neodstraní se tvarové nepřesnosti (kruhovitosti a válcovitosti).



Tab.4.6 Dosahované hodnoty přesnosti a drsnosti rozměrů při superfinišování

| Přesnost<br>rozměru | Jakost povrchu<br>$Ra(\mu m)$ |
|---------------------|-------------------------------|
| IT1 až IT3          | 0,01 až 0,2                   |

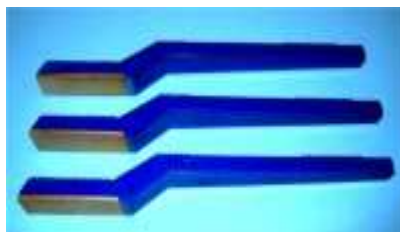
Při jemném vyvrtávání v porovnání s vystružováním, jemným soustružením dosahujeme v podstatě stejné hodnoty přesnosti rozměrů a drsnosti povrchu při podobných hodnotách řezné rychlosti a přídavek na dokončení. V porovnání s dokončovacími operacemi obrábění nezískáme vyvrtáváním takovou přesnost a drsnost povrchu jako při honování, lapování, superfinišování a broušení. Při těchto operacích je však ponechán menší přídavek na dokončení otvoru a rovněž nižší rychlosti obrábění a vyžadují i speciální nástroje a stroje.



a)



b)



c)

Obr.4.3 Zařízení pro a) superfinišování b) honování c) ruční lapovací nástroje

## ZÁVĚR

Zadáním a předmětem této bakalářské práce bylo popsání problematiky vyvrtávání, přehled vyvrtávacích strojů, nástrojů a jejich porovnání. Při vyvrtávání lze použít řadu nástrojů, ať už se jedná o klasické vyvrtávací tyče a vyvrtávací hlavy pro konvenční stroje, nebo moderní výkonné nástroje podporované CNC systémy obráběcích strojů. Vysoké produktivity obrábění dosahujeme použitím modulárních nástrojových systémů. Nástrojové stavebnicové systémy se využívají zejména na NC a CNC strojích vzhledem k vysoké ceně přesných vyvrtávacích tyčí. Upínací a unášecí část může být společná pro řadu různých nástrojů. Využívá se prodlužovacích nástavců, na něž lze upínat nejrůznější typy vyvrtávacích hlav a fréz, nebo pomocí sklíčidel stopkové frézy, vrtáky, výstružníky, závitníky apod. Tak vznikají často obsáhlé stavebnice řezných nástrojů, které lze velmi ekonomicky vyžívat.

Pro dokonalé využití vysoce výkonných vyvrtávacích nástrojů je také třeba dokonalého a přesného nastavení břitu nástroje a kompenzace jeho opotřebení během obráběcího procesu. Nastavení břitu lze provádět buď ručně pomocí speciálního přístroje, nebo pomocí elektroniky umístěné přímo na stopce vyvrtávací tyče. Při seřizování se zadává průměr vyvrtávaného otvoru a použitý software nejenže zabrání chybnému obrábění, ale provede i seřízení, které vede ke správnému rozměru, a podá o svých krocích zprávu. Takto vybavené nástroje lze také propojit s externím displejem a PC umožňující rychlé CAD navrhování nástrojů. Mechatronické nástrojové systémy pro obráběcí operace jsou kombinací vysoce přesné mechaniky, elektroniky a softwarového vybavení, umožňující automatické seřizování nástroje i monitorování jeho funkce v průběhu řezného procesu. S možností výroby tvarových ploch ve vícenásobných operacích prováděných v rámci komplexních technologických procesů na obráběcích centrech a speciálních strojích.

Vyvrtávací stroje zejména NC a CNC jsou charakteristické vysokou tuhostí, přesností a také svojí konstrukcí. Používá se vyvrtávaček různého provedení (deskové, stolové, radiální souřadnicové) které kromě vyvrtávání umožňují i jiné operace obrábění (frézování, řezání závitů, vystružování apod.). Vyvrtávání se také uskutečňuje na obráběcích centrech které mívají řadu dalších využití.

Jemným vyvrtáváním lze v porovnání s vystružováním, jemným soustružením dosáhnout v podstatě stejné hodnoty přesnosti rozměrů a drsnosti povrchu při téměř stejných řezných rychlostech a přídavcích na dokončení. Vyvrtáváním ve srovnání s dokončovacími operacemi obrábění nedosáhneme takové přesnosti rozměrů a drsností obrobených povrchů jako při honování, lapování, superfinišování a broušení. U těchto technologických operací je však ponechán menší přírůstek na dokončení otvoru a rovněž nižší řezné rychlosti obrábění, vyžadující spravedla i speciální nástroje a stroje, čímž prodlužují a prodražují výrobu.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1] ZEMČÍK,O. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. 1.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM,2003.193 s. ISBN 80-214-2336-6
- [2] VINTNER,V. a kol. *Strojírenská technologie II:Nástroje pro obrábění*. 1.vyd.Praha:SNL-Nakladatelství technické literatury,1979.116 s. SIP-41896/03678
- [3] RAŠA,J.,GABRIEL,V. *Strojírenská technologie 3-1.díl:Metody,stroje a nástroje pro obrábění*.1.vyd.Praha:Pedagogické nakladatelství SCIENTIA,2000. 256 s. ISBN 80-7183-207-3
- [4] KOČMAN,K.,PROKOP,J. *Technologie obrábění*. 1.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM,2001.272 s. ISBN 80-214-1996-2
- [5] HUMÁR,A.,PIŠKA,M. *Technologie vyvrtávání: MM Průmyslové spektrum*, Vol.2004,(2004),No.Speciál IX,pp.64-68,ISSN 1212-2572
- [6] MBM – stavebnice SWIS TOOLS: *Technický týdeník*,září 2007, roč. 55, č 19, s.39, Dostupné z URL<[http:// www.techtydenik.cz](http://www.techtydenik.cz)
- [7] HOREŠOVSKÝ,K.Nové možnosti v oblasti vyvrtávání: *MM Průmyslové spektrum*,prosinec 2002,s. 28, v rubrice Trendy/Obrábění. Dostupné z URL <[http:// www.mmspektrum.com](http://www.mmspektrum.com)
- [8] Vyvrtávací nástroje s bezkontaktním nastavováním bříty: *MM Průmyslové spektrum*,listopad 2007,s. 30, v rubrice Trendy/Obrábění. Dostupné z URL <[http:// www.mmspektrum.com](http://www.mmspektrum.com)
- [9] Internetové stránky výrobců a prodejců vyvrtávacích strojů a nástrojů

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

| Zkratka/Symbol | Jednotka         | Popis   |
|----------------|------------------|---|
| $v_c$          | $[m. min^{-1}]$  | Řezná rychlost                                    |
| $v_{cv}$       | $[m. min^{-1}]$  | Řezná rychlost při vyvrtávání                     |
| $v_{cs}$       | $[m. min^{-1}]$  | Řezná rychlost při soustružení                    |
| $v_f$          | $[mm. min^{-1}]$ | Rychlost posuvu                                   |
| $v_r$          | $[m. min^{-1}]$  | Radiální rychlost posuvu                          |
| $a_p$          | $[mm]$           | Hloubka řezu                                      |
| $a_{pmax}$     | $[mm]$           | Maximální hloubka řezu                            |
| $f_z$          | $[mm]$           | Posuv   |
| $f_{zmax}$     | $[mm]$           | Maximální posuv na zub                            |
| $R_a$          | $[\mu m]$        | Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu |
| VBD            |                  | Vyměnitelné břitové destičky                      |
| SK             |                  | Slinuté karbidy                                   |
| RO             |                  | Rychlořezné oceli                                 |